

ОТЗЫВ

официального оппонента Мартыновича Евгения Фёдоровича о диссертационной работе Рупасова Алексея Евгеньевича «Формирование двулучепреломляющих микротрещинок и запись оптических элементов в прозрачных твёрдых диэлектриках ультракороткими лазерными импульсами», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19 – Лазерная физика

Диссертационная работа Рупасова Алексея Евгеньевича посвящена формированию двулучепреломляющих микроструктур в объёме плавленого кварца, фторида кальция и ниобата лития под действием сфокусированных лазерных импульсов субпикосекундной длительности.

В современной оптике двулучепреломляющие микроструктуры представляют собой важный инструмент для разработки и модификации оптических элементов. Они применяются для создания оптических компонентов с определёнными свойствами, такими как поляризация света, фазовые сдвиги и другие характеристики. Одно из ключевых преимуществ двулучепреломляющих микроструктур заключается в возможности формирования оптических элементов со сложной пространственной конфигурацией. Кроме того, они позволяют создавать оптические компоненты с уникальными характеристиками, которые невозможно достичь с помощью традиционных методов. Например, на их основе разрабатываются оптические поляризационные фильтры, поляризаторы, волноводы и другие элементы, имеющие широкий спектр применения в различных областях науки и техники. Также двулучепреломляющие микроструктуры могут служить основой для создания элементов микрооптики. Все это определяет **актуальность** данной диссертационной работы.

К наиболее **значимым** результатам, которые определяют **научную новизну** диссертации, можно отнести выявление перспективных режимов лазерной записи двулучепреломляющих структур в объёме плавленого кварца. Эти режимы основаны на физических эффектах взаимодействия сфокусированных лазерных импульсов субпикосекундной длительности. Благодаря применению разработанных методов визуализации двулучепреломляющих структур удалось осуществить запись таких **практически востребованных** оптических элементов, как дисперсионные поляризационные фильтры Шольца и Лио, поляризационная дифракционная решётка, полуволновая пластинка, диэлектрическое зеркало и брэгговский отражатель.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка цитированной литературы из 147 наименований. Объём диссертации составляет 155 страниц, включая 87 рисунков.

В первой главе обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, раскрыты его научная новизна и практическая значимость. Представлен

краткий обзор истории изучения взаимодействия лазерного излучения с прозрачными твёрдыми диэлектриками. Указаны перспективы применения модификаций от воздействия лазерного излучения на прозрачные твёрдые диэлектрики.

Во второй главе представлены описания используемых установок, приведены их ключевые параметры, описаны используемые материалы и дано обоснование их выбора.

В третьей главе исследованы двулучепреломляющие микротреки, полученные под воздействием УКИ в разных материалах: фториде кальция, нанопористом плавленом кварце, плавленом кварце и ниобате лития. Получены данные о величинах фазового сдвига (от 5 до 180°) и длине микротреков, что позволило оценить величину наведённого двулучепреломления ($\Delta n \sim 10^{-3} - 10^{-4}$). Получены данные о размерах микротреков по сигналу фотолюминесценции и снимкам электронной микроскопии. Выявлена зависимость фотолюминесцентной светимости немостиковых кислородно-дырочных центров в двулучепреломляющих микротреках и оптической разности хода от плотности энергии импульса. Установлено, что светимость фотолюминесценции и фазовый сдвиг в двулучепреломляющих микротреках ограничивается частотой следования индуцирующих лазерных импульсов вследствие теплового кумулятивного эффекта. Были предложены гипотетические механизмы формирования продольной и поперечной субволновой подструктуры микротреков.

В четвёртой главе описаны результаты экспериментов по созданию оптических элементов на основе двулучепреломляющих микротреков в объёме плавленого кварца с использованием установленных перспективных режимов записи, таких как хроматическая полуволновая пластинка, дисперсионные поляризационные фильтры Шольца и Лию, поляризационная дифракционная решётка, диэлектрическое зеркало и брэгговский отражатель.

В заключительной части работы представлены итоги исследования и ключевые результаты.

По тексту диссертационной работы имеются следующие замечания:

1. В тексте диссертации присутствуют некоторые ошибки в орфографии и пунктуации, а также стилистические недочёты. В литературном источнике под номером 30 неправильно указан DOI. На стр. 6 использован непонятный термин «междоузельная вакансия». На некоторых изображениях имеются подписи на английском языке, встречаются мелкие и неразборчивые обозначения на рисунках. Структура работы могла бы быть улучшена путём более чёткого разделения на главы и параграфы. Это позволило бы лучше организовать материал и облегчить его восприятие.

2. В диссертации в качестве материала исследовался нанопористый плавленый кварц. Однако неясно, в чём состоит специфика взаимодействия лазерного излучения с этим материалом по сравнению с обычным плавленым кварцем. Указание на особенности нанопористого плавленого кварца могло бы обогатить работу и расширить понимание

процессов, происходящих при формировании микроструктур в пористых материалах под действием лазерного излучения.

3. В диссертации не рассматривается вопрос центров окраски во фториде кальция, хотя для плавленого кварца подобные исследования представлены. Упоминание центров окраски и их влияния на формирование двулучепреломляющих микроструктур могло бы предоставить более полную картину процессов, происходящих во фторидных кристаллах под воздействием лазерного излучения.

4. В третьей главе диссертации утверждается, что была обнаружена зависимость между оптической разностью хода и фотолюминесценцией. Однако на рисунке 3.8, который относится к данной части исследования, на подписи шкалы указан фазовый сдвиг, а не оптическая разность хода.

5. В третьей главе диссертации представлена визуализация подструктуры двулучепреломляющих микротреков и предложены гипотетические механизмы их формирования. Однако автор не объясняет, с чем связана трансформация структуры микротреков. Это могло бы помочь лучше понять процессы, происходящие при формировании микроструктур в оптических материалах под воздействием лазерного излучения.

6. В четвёртой главе диссертации описаны оптические элементы, созданные на основе двулучепреломляющих микротреков. Однако в работе не представлены результаты оценки эффективности этих элементов. Указание конкретных параметров могло бы значительно повысить практическую значимость работы.

Приведённые замечания не снижают научную значимость результатов, представленных в диссертации, и общей положительной оценки работы.

Тема диссертационного исследования представляет собой актуальную научную проблематику. Выдвинутые в рамках работы научные положения и выводы характеризуются высокой степенью доказательности и обоснованности, что подтверждается применением широкого спектра научных методов и подходов. Результаты проведённого исследования отличаются практической значимостью и научной новизной. Они прошли успешную апробацию на всероссийских и международных конференциях и семинарах. Кроме того, результаты исследования были опубликованы в авторитетных научных изданиях, что также подтверждает их значимость и достоверность. Достоверность полученных результатов обеспечивается их воспроизводимостью при повторных исследованиях, а также согласованностью с результатами, полученными другими исследователями.

Диссертация Рупасова Алексея Евгеньевича «Формирование двулучепреломляющих микротреков и запись оптических элементов в прозрачных твёрдых диэлектриках ультракороткими лазерными импульсами» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, удовлетворяющую всем требованиям к кандидатским диссертациям, установленным Положением о присуждении ученых степеней,

/ Кузнецов А.В./

СПИСОК

основных работ официального оппонента Мартыновича Евгения Фёдоровича по тематике диссертации Рупасова Алексея Евгеньевича "Формирование двулучепреломляющих микротреков и запись оптических элементов в прозрачных твёрдых диэлектриках ультракороткими лазерными импульсами" в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет.

1. Martynovich E.F., Lazareva N.L., Rakevich A.L., Ushakov I.A., Vashchenko A.V., Adamovich S.N. SYNTHESIS, STRUCTURE, SPECTRAL AND LUMINESCENCE STUDIES OF NOVEL GUANIDINIUM ARYL(OXY)(SULFANYL) (SULFONYL)ACETATES. *Spectrochimica Acta Part A : Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. 2024. T. 323. C. 124862.

2. Dresvyanskiy V.P., Murzin S.V., Kuznetsov A.V., Alekseev S.V., Losev V.F., Martynovich E.F. DYNAMICS OF LASER-INDUCED FORMATION OF COLOR CENTERS IN A LITHIUM FLUORIDE CRYSTAL. *Journal of Luminescence* 2023. T. 263. C. 120058.

3. Мартынович Е.Ф., Зилов С.А., Дресвянский В.П., МИКРОСКОПИЯ ЕДИНИЧНЫХ ЦЕНТРОВ ОКРАСКИ В ЩЕЛОЧНО-ГАЛОИДНЫХ КРИСТАЛЛАХ. *Оптика и спектроскопия* 2023. Т.131. № 5. С. 667-675.

4. Дресвянский В.П., Зилов С.А., Мартынович Е.Ф., ФЛУКТУИРУЮЩАЯ ФЛЮОРЕСЦЕНЦИЯ ОДИНОЧНЫХ ЦЕНТРОВ ОКРАСКИ В КРИСТАЛЛАХ ФТОРИДА ЛИТИЯ. *Оптика и спектроскопия* 2022. Т.130. № 1. С. 138-145.

5. Tyutrin A. A., Martynovich E.F., Wang R. LUMINESCENT PROPERTIES OF CARBON QUANTUM DOTS SYNTHESIZED BY MICROPLASMA METHOD. *Journal of Luminescence*. 2022. T. 246. C. 118806.

6. Kong X., Xue Sh., Li H., Yang W., Martynovich E.F., Ning W., Wang R. SIMULATION STUDY ON AN ATMOSPHERIC PRESSURE PLASMA JET INTERACTING WITH A SINGLE FIBER: EFFECTS OF THE FIBERS PERMITTIVITY. *Plasma Sources Science and Technology*. 2022. T. 31. № 9. C. 095010.

7. Протасова Е.А., Ракевич А.Л., Мартынович Е. Ф. ТЕРМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ И ТУШЕНИЕ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ РАБОЧИХ ЦЕНТРОВ ОКРАСКИ В НЕЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕМНЫХ ФОТОГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛАХ НА ОСНОВЕ СОЕДИНЕНИЯ КСИТИНОЗ. *Известия Российской академии наук. Серия физическая*. 2022. Т. 86. № 10. С. 1424-1428.

8. Martynovich E.F., Lazareva N.L., Zilov S.A. CREATION OF LUMINESCENT DEFECTS IN CRYSTALS BY COHERENT PAIRS OF FEMTOSECOND LASER PULSES. Journal of Luminescence. 2021. T. 234. C. 117989.

9. Mironov V.P., Protasova E.A., Lipatov E. L, Martynovich E.F. GENERATION OF LASER RADIATION BY COLOR CENTERS IN DIAMOND CRYSTALS (REVIEW). AIP Conference Proceedings. 2021. T. 2392. C. 030001.

10. Martynovich E.F., Chernova E.O., Dresvyansky V.P., Bugrov A.E., Kostryukov P.V., Konyashchenko A.V. LASER RECORDING OF COLOR VOXELS IN LITHIUM FLUORIDE. Optics & Laser Technology. 2020. T. 131. C. 106430.